

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10261825  
PUBLICATION DATE : 29-09-98

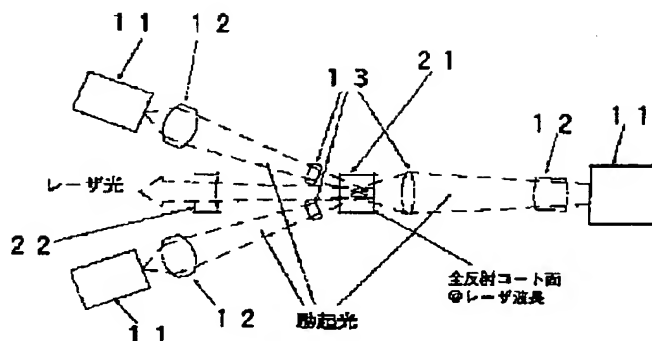
APPLICATION DATE : 18-03-97  
APPLICATION NUMBER : 09064619

APPLICANT : NEC CORP;

INVENTOR : TADA TERUSHI;

INT.CL. : H01S 3/093 G02B 27/09 H01S 3/094

TITLE : SEMICONDUCTOR LASER LIGHT  
SHAPING OPTICAL SYSTEM AND  
SEMICONDUCTOR LASER-EXCITED  
SOLID-STATE LASER DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-output semiconductor laser-excited solid-state laser device.

SOLUTION: Excitation light emitted from a semiconductor laser 11 is first shaped by means of an excitation light shaping optical system 12 for first axis and then shaped by means of an excitation light shaping optical system 13 for slow axis. The semiconductor laser 11 which emits the excitation light from the output-side end face of a solid-state laser crystal 11 and optical systems 12 and 13 are set so that the slow axis of the optical systems may become nearly perpendicular to the plane decided by the optical axes of a resonator and the excitation light. At the same time, the angle between the optical axis of the resonator and that of the optical systems 12 and 13 is made minimum within such an extent that the resonator does not interfere with the optical path of an excitation system.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-261825

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/093

H 0 1 S 3/093

G 0 2 B 27/09

G 0 2 B 27/00

E

H 0 1 S 3/094

H 0 1 S 3/094

S

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-64619

(22) 出願日

平成9年(1997) 3月18日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 多田 昭史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

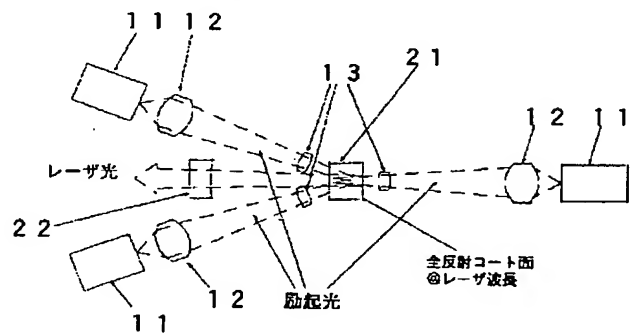
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ光整形光学系及び半導体レーザ励起固体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力の半導体レーザ励起固体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ11から出た励起光を、まずファースト軸用励起光整形光学系12によって整形し、次にスロー軸用励起光整形光学系13によって整形する。固体レーザ結晶11の出力側端面(図の左側)から励起する半導体レーザおよび励起光整形光学系は、共振器光軸と励起光光軸で決まる平面(紙面)に対して、励起光整形光学系スロー軸がほぼ垂直関係にある。同時に、共振器光軸と励起光整形光学系光軸との開き角を、共振器と励起系の光路が干渉しない程度で最も小さくする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】アレイ状半導体レーザと、半導体レーザの発光領域のファースト軸方向、スロー軸方向の順に別々に整形し集光する整形光学系とを有することを特徴とする半導体レーザ光整形光学系。

【請求項2】前記整形光学系はファースト軸用整形光学系とスロー軸用整形光学系からなり、前記半導体レーザからファースト軸用整形光学系までの距離とファースト軸用整形光学系から集光面までの距離の比を、〔ファースト軸方向の発光領域長〕：〔ファースト軸方向の集光面上の結像光の径〕とし、前記半導体レーザからスロー軸用整形光学系までの距離とスロー軸用整形光学系から集光面までの距離の比を〔スロー軸方向の発光領域長〕：〔スロー軸方向の集光面上の結像光の径〕とすることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ光整形光学系。

【請求項3】励起光を発生するアレイ状半導体レーザと、前記励起光を半導体レーザの発光領域のファースト軸方向、スロー軸方向の順に別々に整形し固体レーザ結晶へと導く励起光整形光学系と、前記励起光により励起される固体レーザ結晶と、前記固体レーザ結晶を間に挟む固体レーザ共振器とを有することを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項4】固体レーザ共振器光軸と励起光光軸で決まる平面に対して、励起光整形光学系のスロー軸が垂直であることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項5】前記固体レーザ共振器は出力ミラーと前記固体レーザ結晶に設けられた反射膜で構成されることを特徴とする請求項3または4記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項6】前記半導体レーザ励起固体レーザ装置はアクティブミラー型半導体レーザ励起固体レーザ装置であることを特徴とする請求項3または4記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項7】前記励起光整形光学系はファースト軸用整形光学系とスロー軸用整形光学系からなり、前記半導体レーザからファースト軸用整形光学系までの距離とファースト軸用整形光学系から固体レーザ結晶までの距離の比を、〔ファースト軸方向の発光領域長〕：〔ファースト軸方向の固体レーザ結晶上の結像光の径〕とし、前記半導体レーザからスロー軸用整形光学系までの距離とスロー軸用整形光学系から固体レーザ結晶までの距離の比を〔スロー軸方向の発光領域長〕：〔スロー軸方向の固体レーザ結晶上の結像光の径〕とすることを特徴とする請求項3、4、5または6記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項8】前記励起光は共振器方向から入射することを特徴とする請求項3、4、5または7記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項9】前記励起光は共振器方向に対して斜め方向から入射することを特徴とする請求項2、3、4、5または6記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項10】前記半導体レーザ及び励起光整形光学系からなる励起手段を複数有し、前記複数の励起手段により固体レーザ結晶を励起することを特徴とする請求項8または9記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザのビーム整形光学系と半導体レーザ励起固体レーザ装置に関し、特に簡易な整形光学系を構成し、励起光のレーザ光への変換する効率がよく、高出力の半導体レーザ励起固体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の半導体レーザ励起固体レーザ装置として、例えば特開平4-137775号公報に記載されたものがあり、その概略構成を図21に示す。この装置は、半導体レーザ11、励起光整形光学系14、固体レーザ結晶21、出力ミラー22とから構成されている。この装置では、数 $\mu\text{m}$ ×数100 $\mu\text{m}$ の発光領域から約40度×約10度の発散角で出力する半導体レーザ光を、プリズムを含めたビーム整形光学系を通してから固体レーザ結晶に照射させ励起している。

【0003】また高出力のレーザ光を得るために励起光光源としてアレイ状半導体レーザを用いたものが特開平4-255280号公報に記載されている。この半導体レーザ励起固体レーザ装置の励起光を固体レーザ結晶へ導く整形光学系は、分布屈折率レンズをアレイ半導体レーザの各ストライプに対応して配列し、アレイ半導体レーザ出力を集光してコリメートするレンズアレイと、コリメートされた角ストライプ光をビーム整形するためのアナモルフィックプリズムと、各ストライプ光を一括して集光して一箇所に重ね合わせるフォーカシングレンズとから構成されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特開平4-137775号公報半導体レーザ励起固体レーザ装置では、半導体レーザの発光領域がビーム整形光学系によって固体レーザ結晶上に結像される。ここで、固体レーザ結晶において励起光が効率良くレーザ光に変換されるためには、固体レーザ結晶内での励起光プロファイルが共振器モードプロファイルと一致している方が良い。これらから、従来の装置では、半導体レーザからの励起光の発散角の不均一性をプリズムを用いて修正し、縦横比の小さい発光領域のレーザを用いている。しかしながら、縦横比の小さい半導体レーザは最大出力が数W程度であるため、数十Wレベルの高出力の半導体レーザ励起固体レーザ装置の実現が非常に難しい。

【0005】またアレイ状半導体レーザを励起光源とし

て用いた半導体レーザ励起固体レーザ装置では、分布屈折率レンズ、レンズアレイ、プリズム、フォーカシングレンズを用いるので光学系が複雑になり、部品点数が多くなっていた。

【0006】本発明の目的は、簡易な整形光学系で、励起光をレーザ光に変換する効率がよく、高出力の半導体レーザ励起固体レーザ装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ光整形光学系は、アレイ状半導体レーザと、半導体レーザの発光領域のファースト軸方向、スロー軸方向の順に別々に整形し集光する整形光学系とを有することを特徴とする。整形光学系はファースト軸用整形光学系とスロー軸用整形光学系からなり、半導体レーザからファースト軸用整形光学系までの距離とファースト軸用整形光学系から集光面までの距離の比を、〔ファースト軸方向の発光領域長〕：〔ファースト軸方向の集光面上の結像光の径〕とし、半導体レーザからスロー軸用整形光学系までの距離とスロー軸用整形光学系から集光面までの距離の比を〔スロー軸方向の発光領域長〕：〔スロー軸方向の集光面上の結像光の径〕とすることを特徴とする。

【0008】本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置は、励起光を発生する半導体レーザと、励起光を半導体レーザの発光領域のファースト軸方向、スロー軸方向の順に別々に整形し固体レーザ結晶へと導く励起光整形光学系と、励起光により励起される固体レーザ結晶と、固体レーザ結晶を間に挟む固体レーザ共振器とを有することを特徴とする。

【0009】固体レーザ共振器光軸と励起光光軸で決まる平面に対して、励起光整形光学系のスロー軸が垂直であることを特徴とする。また固体レーザ共振器は出力ミラーと固体レーザ結晶に設けられた反射膜で構成されることを特徴とする。さらに半導体レーザ励起固体レーザ装置はアクティブミラー型半導体レーザ励起固体レーザ装置であることを特徴とする。

【0010】また励起光整形光学系はファースト軸用整形光学系とスロー軸用整形光学系からなり、半導体レーザからファースト軸用整形光学系までの距離とファースト軸用整形光学系から固体レーザ結晶までの距離の比を、〔ファースト軸方向の発光領域長〕：〔ファースト軸方向の固体レーザ結晶上の結像光の径〕とし、半導体レーザからスロー軸用整形光学系までの距離とスロー軸用整形光学系から固体レーザ結晶までの距離の比を、

〔スロー軸方向の発光領域長〕：〔スロー軸方向の固体レーザ結晶上の結像光の径〕とすることを特徴とする。さらに励起光は共振器方向あるいは共振器方向に対して斜め方向から入射することを特徴とする。また半導体レーザ及び励起光整形光学系からなる励起手段を複数有し、複数の励起手段により固体レーザ結晶を励起する。

【0011】

【発明の実施の形態】

（第1の実施の形態）図1は、本発明の半導体レーザ光整形光学系を示している。11は励起用の半導体レーザ、12、13は励起光整形光学系、21は固体レーザ結晶である。図1は半導体レーザ、励起光整形光学系、固体レーザ結晶を異なる方向から見た図であり、ファースト軸方向は、半導体レーザの発光領域の短軸（数 $\mu\text{m}$ ）に平行な軸であり、スロー軸方向は、発光領域の長軸（約1cm）に平行な軸である。図1に示すようにファースト軸方向からは半導体レーザの出射光が広角度に、スロー軸方向からは狭角度に発散するように見える。

【0012】本発明では固体レーザ装置の高出力化のため、励起用半導体レーザとして、出力が20W以上で発光領域が数 $\mu\text{m}$ ×約1cmのアレイ状の半導体レーザ（バー型半導体レーザ）を用いている。このとき半導体レーザからの励起光は、発散角がスロー軸方向に半値全幅で約10度、ファースト軸方向に半値全幅で約40度となる。このため本発明では励起光整形光学系を、発光領域の約1cmに平行な長軸（以下スロー軸）と発光領域の数 $\mu\text{m}$ に平行な短軸（以下ファースト軸）のそれぞれに対して別々に構成している。

【0013】半導体レーザ11から出た励起光は、まずファースト軸用励起光整形光学系12によってビーム径が広がる前にファースト軸方向が整形される。このときスロー軸方向の光はファースト軸用励起光整形光学系12には整形されずにスロー軸用励起光整形光学系13に進む。ファースト軸用励起光整形光学系は〔半導体レーザからファースト軸用整形光学系までの距離〕と〔ファースト軸用整形光学系から固体レーザ結晶までの距離〕の比を〔ファースト軸方向の発光領域長〕対〔ファースト軸方向の固体レーザ結晶上の結像光の径〕の関係、すなわち〔数 $\mu\text{m}$ 〕対〔約1mm〕とすることで、ファースト軸方向の発光領域長数 $\mu\text{m}$ からの励起光が固体レーザ結晶上に1mm程度の径で結像集光される。

【0014】次に半導体レーザからの励起光はファースト軸方向の整形光学系を通過した後、固体レーザ結晶近くに配置したスロー軸用励起光整形光学系13によってスロー軸方向を整形され固体レーザ結晶21に入射される。スロー軸方向の半導体レーザの励起光の発散角は10度程度と大きくはないが発光長が約1cmと長いので、スロー軸用励起光整形光学系は〔半導体レーザからスロー軸用整形光学系までの距離〕と〔スロー軸用整形光学系から固体レーザ結晶までの距離〕の比を〔スロー軸方向の発光領域長〕対〔スロー軸方向の固体レーザ結晶上の結像光の径〕の関係、すなわち〔約1cm〕対〔約1mm〕とすることで、固体レーザ結晶上に1mm程度の径で結像集光させることができる。

【0015】以上のような構成とすることにより、出力20Wレベルのバー型半導体レーザからの励起光を固体

ーザ装置の概略図である。

【図14】第3の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

【図15】第4の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

【図16】第5の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

【図17】第5の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

【図18】第5の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

【図19】第5の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

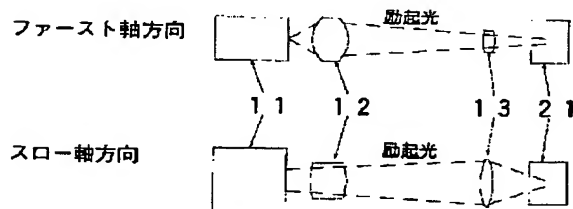
【図20】第5の実施例を示す半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

【図21】従来の半導体レーザ励起固体レーザ装置の概略図である。

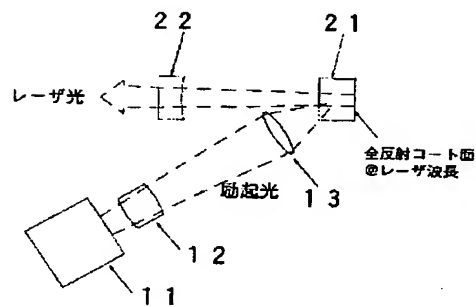
【符号の説明】

- 11 半導体レーザ
- 12 ファースト軸用励起光整形光学系
- 13 スロー軸用励起光整形光学系
- 14 従来技術の励起光整形光学系
- 21 固体レーザ結晶
- 22 出力ミラー
- 23 全反射ミラー

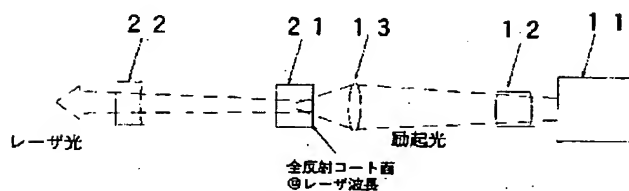
【図1】



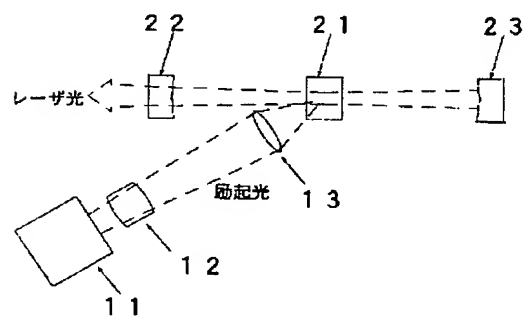
【図2】



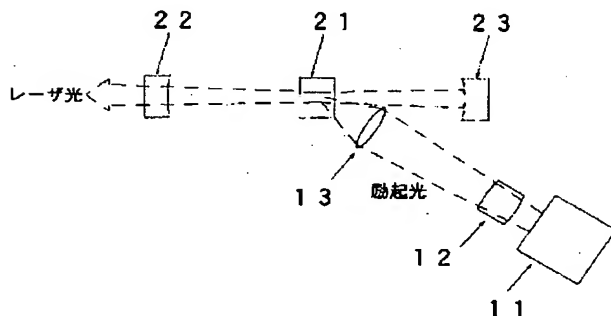
【図3】



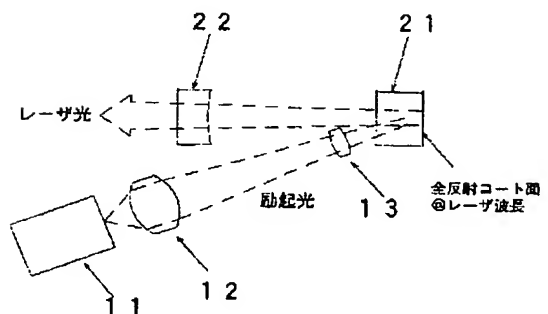
【図4】



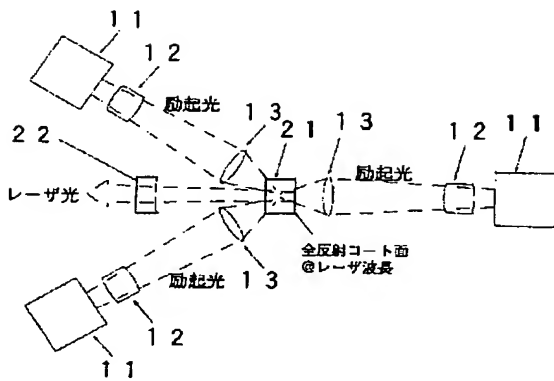
【図5】



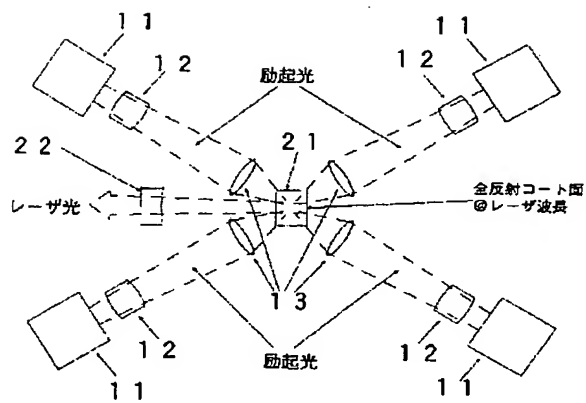
【図9】



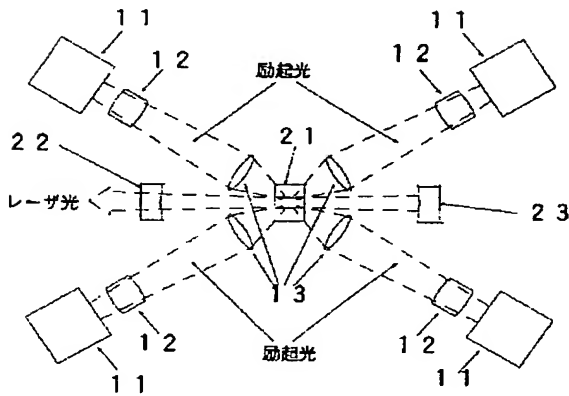
【図6】



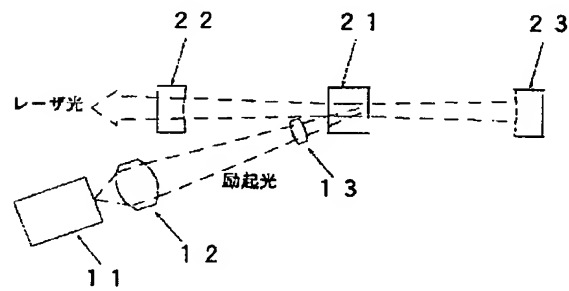
【図7】



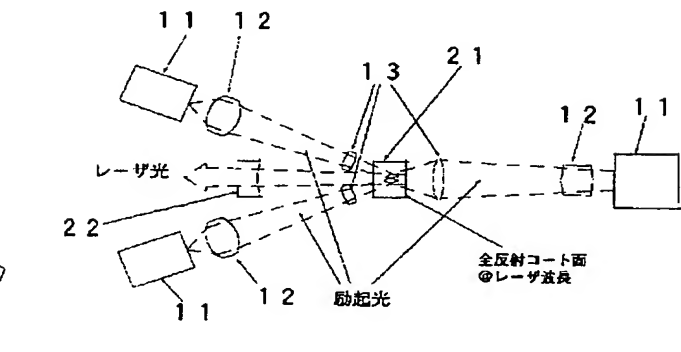
【図8】



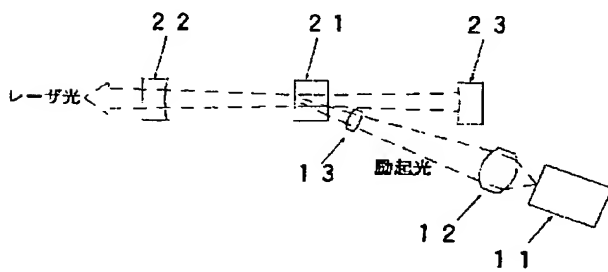
【図10】



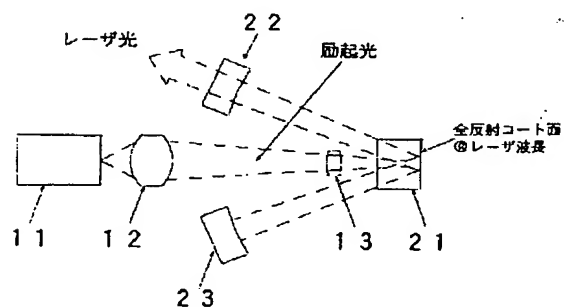
【図12】



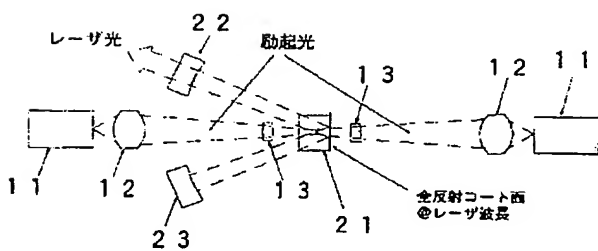
【図11】



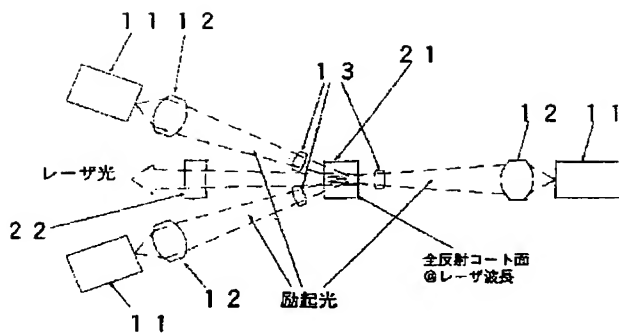
【図16】



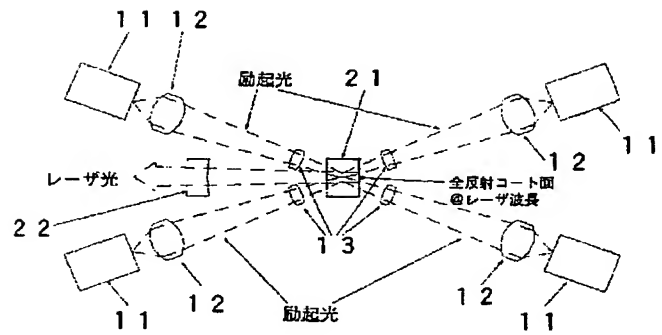
【図17】



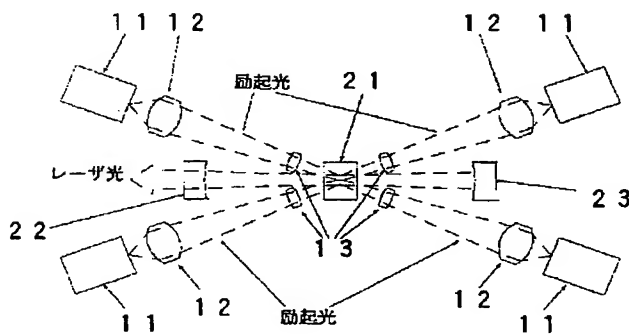
【図13】



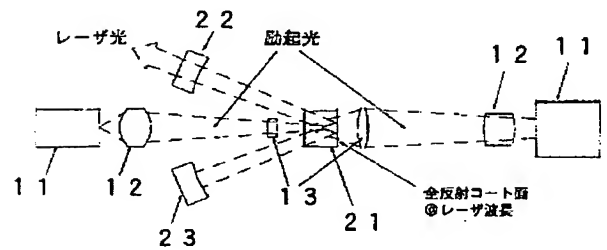
【図14】



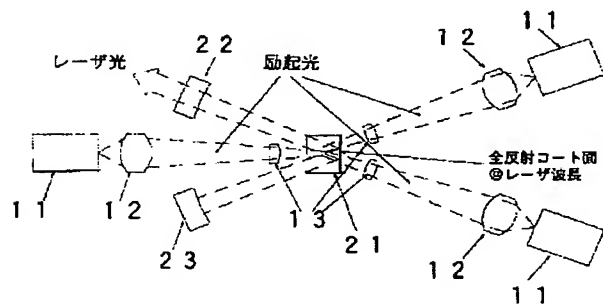
【図15】



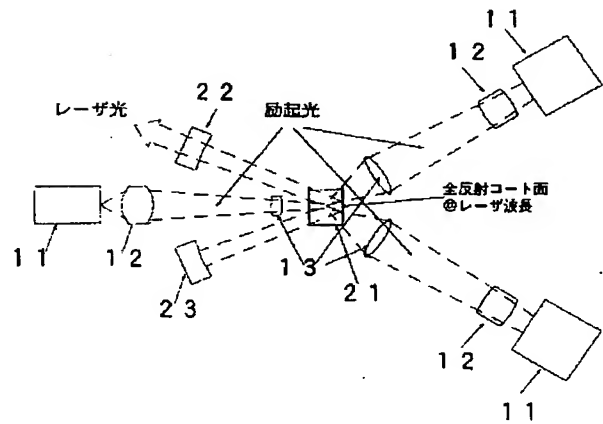
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

